



**“ EMOGASANALISI:
STATO DELL'ARTE, CASI CLINICI E SVILUPPI FUTURI PER
UN'ASSISTENZA DI QUALITA' ”**



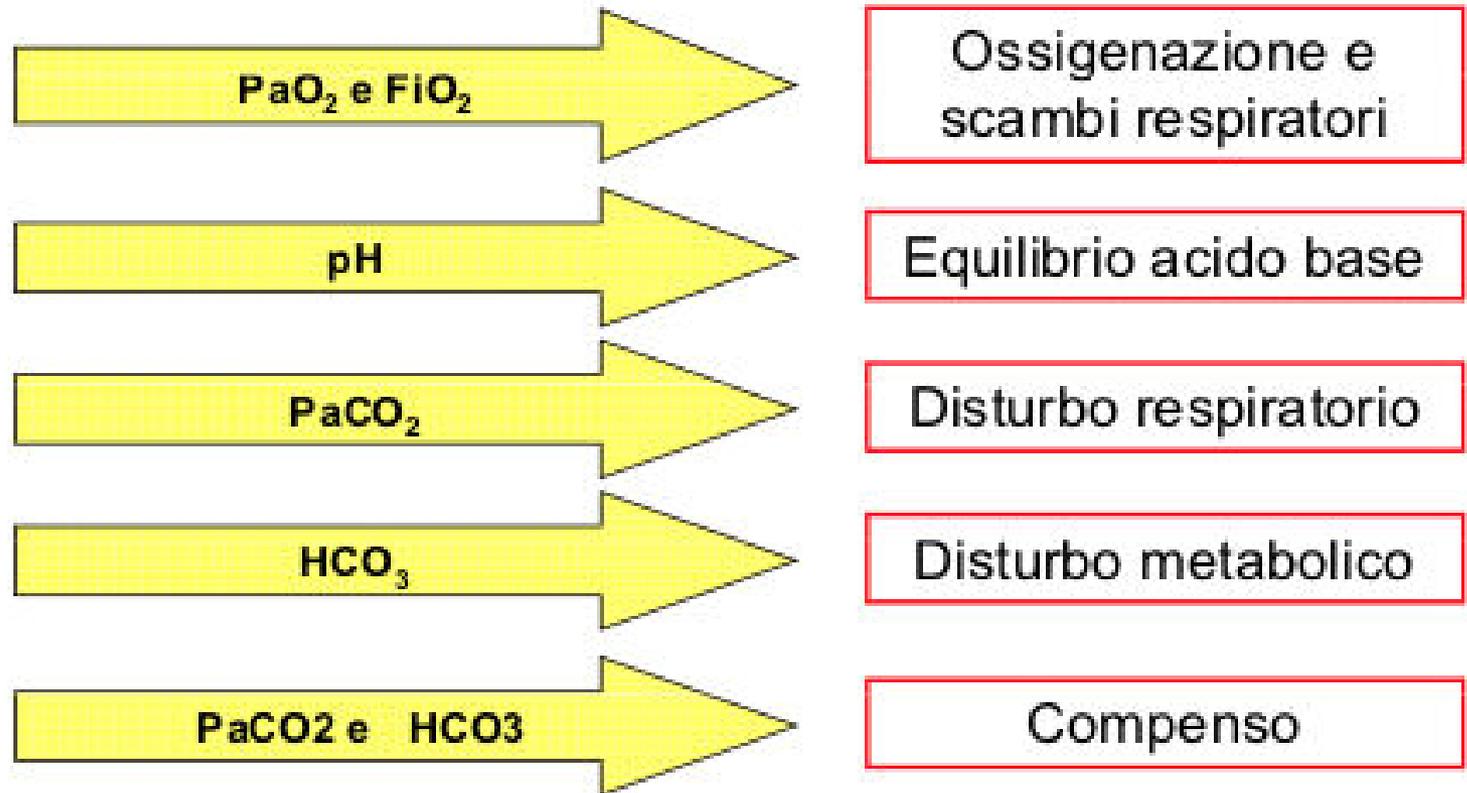
Luca Fialdini

*Infermiere in Terapia Intensiva Adulti
Ospedale del Cuore
Fondazione Toscana Gabriele Monasterio
fialdiniluca@gmail.com*



Obiettivo del Corso

Acquisire un metodo di interpretazione dell'emogasanalisi in 5 step



Discussione Casi Clinici
e interpretazione dei dati in rapporto alle condizioni cliniche del paziente



PREMESSE

- Procedura esecuzione EGA

- Test di Allen

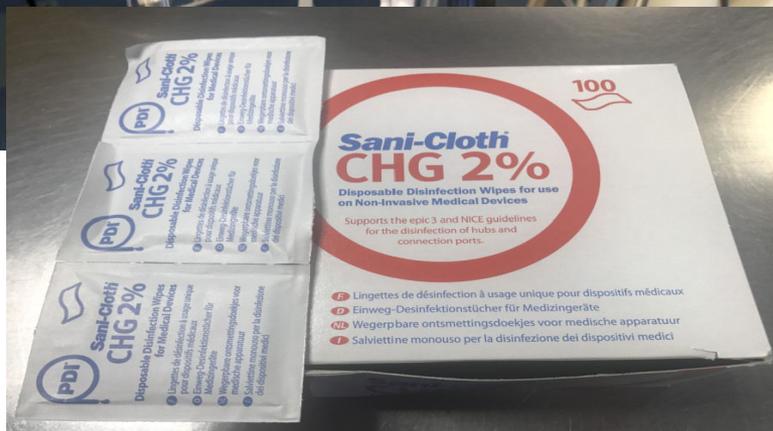
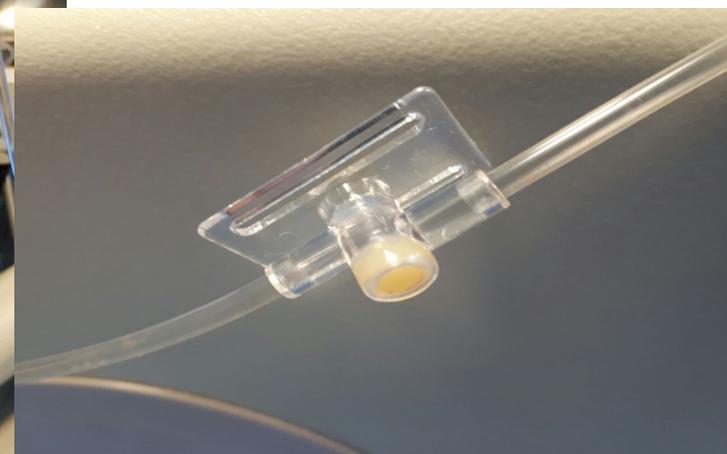


- Gestione Infermieristica accesso arterioso



PREMESSA

TRASDUTTORI A CIRCUITO CHIUSO





...PRIMA DI UN EMOGASANALISI:

L' EGA fornisce diversi valori, ognuno dei quali dà un'indicazione sullo **stato di salute attuale del paziente**.

Come indicato dalle linee guida IRC, il primo passo da fare è quello di **valutare il paziente**.

Controllare la sua frequenza respiratoria: è Tachipnoico? Bradipnoico? Dispnoico?

Valutare la dinamica respiratoria: il respiro è superficiale o riesce ad effettuare respiri profondi? Gli emitoraci si alzano in maniera simmetrica? Respira di pancia?

Guardare il paziente: è visibilmente affaticato? Ha un respiro sbuffante? Ha difficoltà a trovare una posizione confortevole?

Cambio modalità respiratoria / Weaning ventilatore

Elettroliti / Dati aggiuntivi (Glicemia, Ematocrito, Hb, etc..)



INTRODUZIONE ALL'EQUILIBRIO ACIDO - BASE

- Produciamo troppi **Idrogenioni**
- Gli Idrogenioni grazie all'intervento dei **Tamponi** formano l'**acido carbonico**

Eliminazione dell'acido carbonico

POLMONI: trasformandosi in **CO₂ (COMPENSO RAPIDO)**

RENI: trasformandosi in **Bicarbonato** (Riassorbiti e rientrano in circolo) + **Idrogenioni** (Eliminati con il rene sotto forma di Acqua + Fosfati + Ammonio) (**COMPENSO LENTO**)

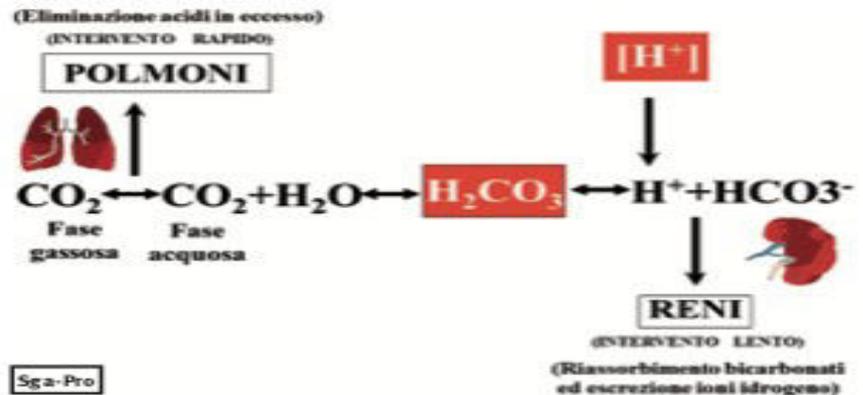


Fig. 3 Schema generale dell'equilibrio acido-base.



Difese contro le variazioni della $[H^+]$

	<u>Tempo di azione</u>
1) Sistemi tampone acido-base	Frazioni di secondo
2) Polmoni: Ventilazione	1-15 minuti
3) Reni: eliminazione di urina acida o alcalina	ore-giorni

Fig. 2 *Tempi di intervento dei diversi sistemi di compenso.*



Nel 1909, il danese **Sorensen Søren Peter Lauritz** (1868-1939) confermò e dimostrò che “**la normale concentrazione dello ione idrogeno è un fattore essenziale in tutti i processi biologici**” ed introdusse e definì il concetto di pH.



L'EQUILIBRIO ACIDO - BASE

Sga-Pro

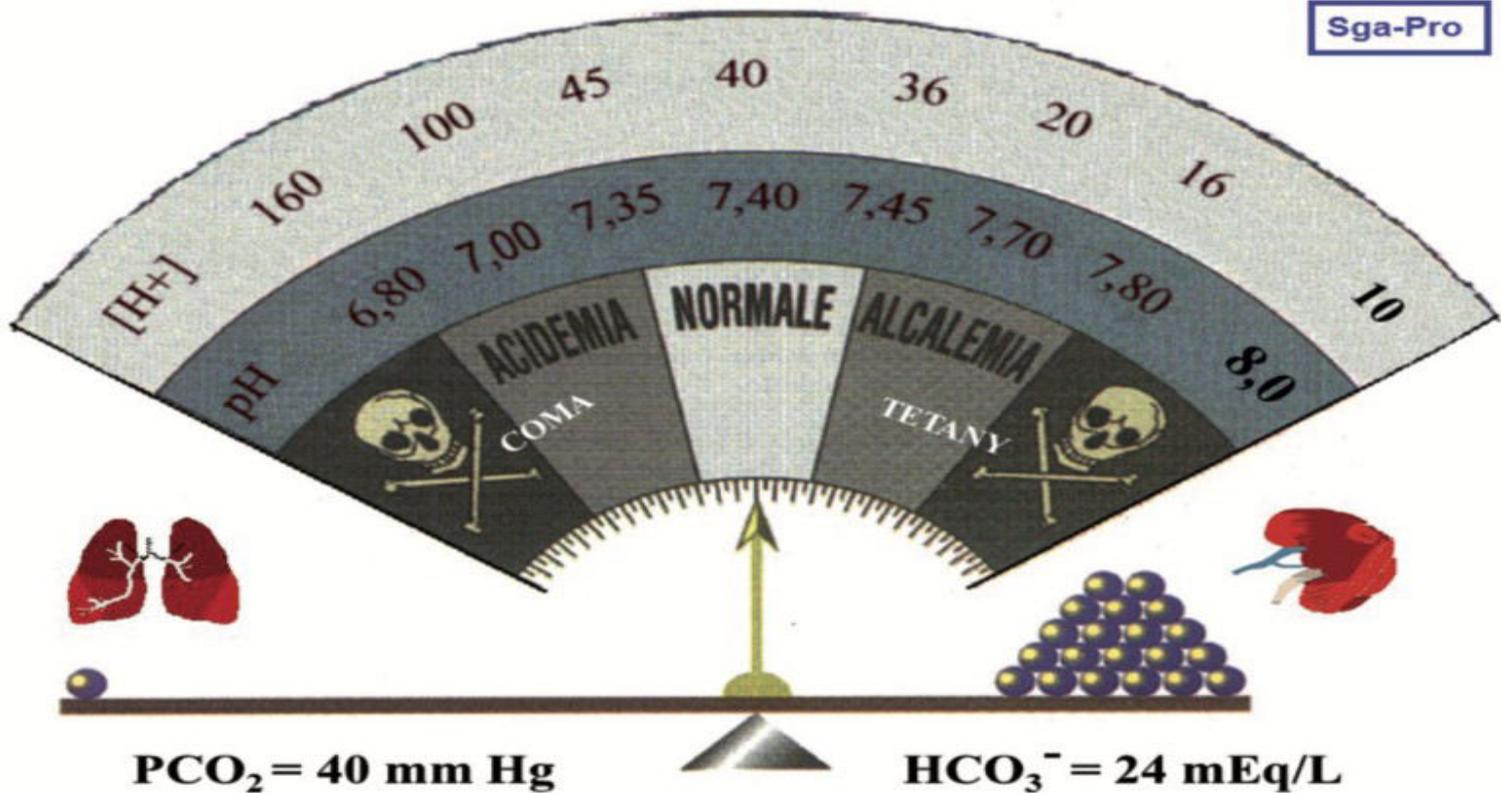


Fig. 4 La bilancia dell'equilibrio acido base.

Se **aumenta la PCO_2** sul piatto alla nostra sinistra della bilancia, l'ago si sposterà verso l'acidemia, il coma e la morte, mentre se **aumentano i bicarbonati** sul piatto alla nostra destra l'ago si sposterà verso l'alcalemia, la tetania e la morte.

Equazione di Henderson

Acido Carbonico / Concentrazione Bicarbonati

$$[H^+] = K \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$
$$[H^+] = 800 \frac{1,2 \text{ mEq / Litro}}{24 \text{ mEq / Litro}}$$

Formula 1 *La equazione di Henderson con i corrispettivi valori numerici.*

Campbell Moran Edward James (1925-2004, inventore anche della maschera di Venturi”, ebbe un’ulteriore intuizione...

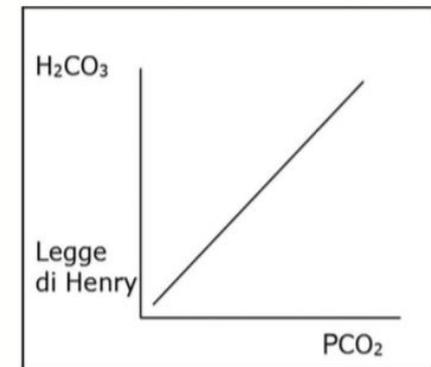
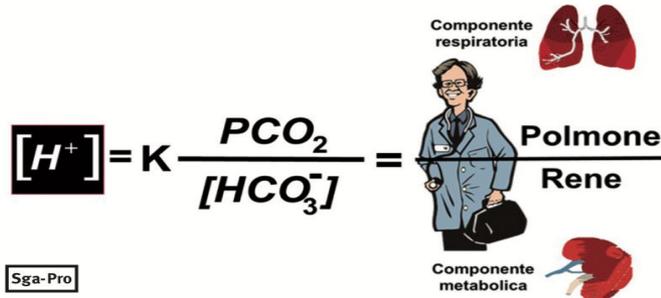


Fig. 5 *Correlazione lineare fra PCO_2 e acido carbonico (H_2CO_3).*

Equazione di Henderson-Campbell



Sga-Pro

Fig. 6 Equazione "umanizzata" di Henderson-Campbell.

K = Costante di Dissociazione

$$[H^+] = K \frac{PCO_2 \quad (40 \text{ mmHg})}{[HCO_3^-] \quad (24 \text{ mEq / L})}$$

(40 nEq) (24)

Formula 3 Equazione "finale" di Henderson-Campbell con i corrispondenti valori numerici.

Se il valore normale della PCO_2 è 40 mmHg e il valore normale dei bicarbonati è 24, si scopre che la costante di dissociazione (guarda caso) è 24. Questo fatto fa sì che, una volta effettuate le comuni elisioni matematiche (cioè, il 24 della costante K ed il 24 al denominatore dell'equazione si possono elidere reciprocamente) gli idrogenioni risultano pari a 40 nanoEquivalenti / Litro (Formule 4-5).

$$[H^+] = \cancel{24} \frac{40}{\cancel{24}}$$

$$[H^+] = 40 \quad (\text{nanoEq / L})$$

Formule 4-5 I due numeri 24 si elidono e rimane semplicemente $[H^+] = 40$.

Interpretazione dell'Emogasanalisi...

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 12:39

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:404

ACIDO/BASE 37.0°C

pH 7.343
PCO2 38.7 mmHg
PO2 ↓ 66.4 mmHg
tCO2 21.7 mmol/L
HCO3 20.5 mmol/L
BEecf -5.2 mmol/L

ELETTROLITI

Na+ 139.5 mmol/L
K+ 4.85 mmol/L
Ca++ 1.16 mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb 12.4 g/dL
SO2 92.9 %
Hct(c) 37.1 %
SO2(c) 91.2 %
AaDO2 38.0 mmHg
P50(c) 26.6 mmHg

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 13:12

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:406

ACIDO/BASE 37.0°C

pH 7.255
PCO2 47.1 mmHg
PO2 ↓ 56.1 mmHg
tCO2 21.7 mmol/L
HCO3 20.3 mmol/L
BEecf -6.7 mmol/L

ELETTROLITI

Na+ ↓134.7 mmol/L
K+ 4.68 mmol/L
Ca++ ↓ 0.88 mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb ↓ 11.1 g/dL
SO2 ↓ 89.3 %
Hct(c) 33.4 %
SO2(c) 87.8 %
AaDO2 44.6 mmHg
P50(c) 26.3 mmHg

OPTI Medical OPTI R
Rapporto Paziente
22Mar13 15:26

ID Paz.:
Acc. Nr.:
N' Camp.:414

ACIDO/BASE 37.0°C

pH 7.359
PCO2 37.6 mmHg
PO2 ↓ 70.0 mmHg
tCO2 21.9 mmol/L
HCO3 20.7 mmol/L
BEecf -4.7 mmol/L

ELETTROLITI

Na+ 141.2 mmol/L
K+ 4.47 mmol/L
Ca++ 1.15 mmol/L

STATO EMOGLOBINA/OSSIGENO

tHb 12.5 g/dL
SO2 93.7 %
Hct(c) 37.5 %
SO2(c) 92.7 %
AaDO2 32.5 mmHg
P50(c) 26.8 mmHg



Equilibrio acido-base

Il pH rappresenta il logaritmo negativo della concentrazione degli ioni H^+

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Il valore normale del pH extracellulare è fra 7,35 e 7,45

Valori di pH:

Soluzione fisiologica	7,04
Soluzione glucosata	4,55
Latte	6,5
Coca Cola	2,5
Succo gastrico	1,5 – 2,0



NARINS AND EMMETT

TABLE 3. Importance of P_{CO_2}/HCO_3^- ratio in defining acidity

	1° PAZIENTE	2° PAZIENTE	3° PAZIENTE
P_{CO_2} (mm Hg)	40	20	80
HCO_3^- (mEq/L)	24	12	48
$H^+ = 24 \times \frac{P_{CO_2}}{HCO_3^-}$			
Equazione di Henderson	$24 \times \frac{40}{24}$	$24 \times \frac{20}{12}$	$24 \times \frac{80}{48}$
H^+ (nm/L)	40	40	40
pH	7.40	7.40	7.40
	(1) Normal acid-base	(2) Metabolic acidosis plus respiratory alkalosis	(3) Metabolic alkalosis plus respiratory acidosis

Sga-Pro

da Narins e Emmett, 1980 (perfezionata)

Fig. 12 *Importanza del rapporto $PCO_2/[HCO_3^-]$ nel generare e nel definire l'acidità.*

Determinare il pH



Acidemia

Alcalemia

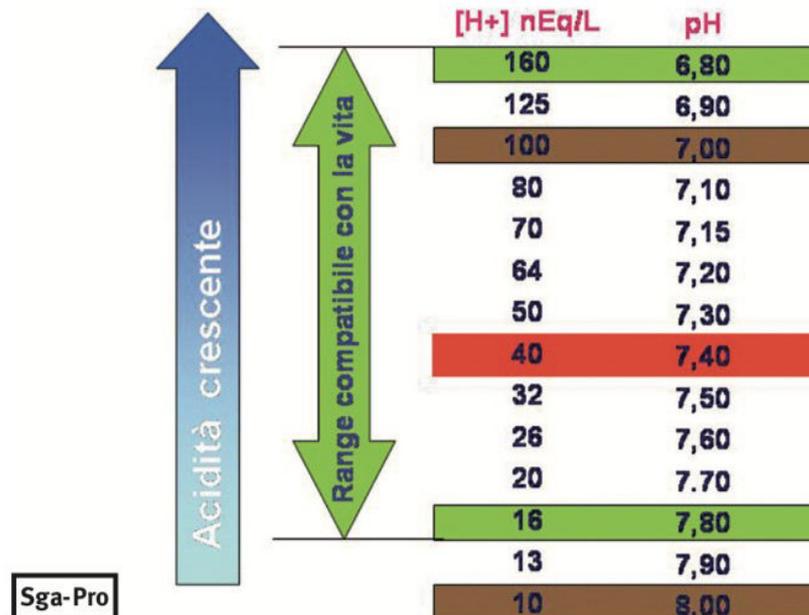


Fig. 11 Rapporti numerici tra concentrazione idrogenionica e pH.



PaO_2

Espressione della **quota di ossigeno fisicamente disciolta nel plasma (circa il 2%)**, mentre il **98% dell'ossigeno è invece legato all'emoglobina**.

In presenza di un normale contenuto emoglobinico ed in assenza di emoglobine patologiche (carbossiemoglobina, metaemoglobina etc.), la PaO_2 è espressione “abbastanza fedele” del contenuto di ossigeno dell'organismo.





PaO₂ (80 – 100 mmHg) e correzioni in base all'età

Sono state proposte varie formule per il calcolo della PaO₂ in rapporto all'età del paziente. Sembra di facile applicazione in clinica quella proposta da Sorbini, Cerveri ed altri:

$$\text{PaO}_2 = 109 - (0.43 \times \text{età in anni}) \pm 4.$$





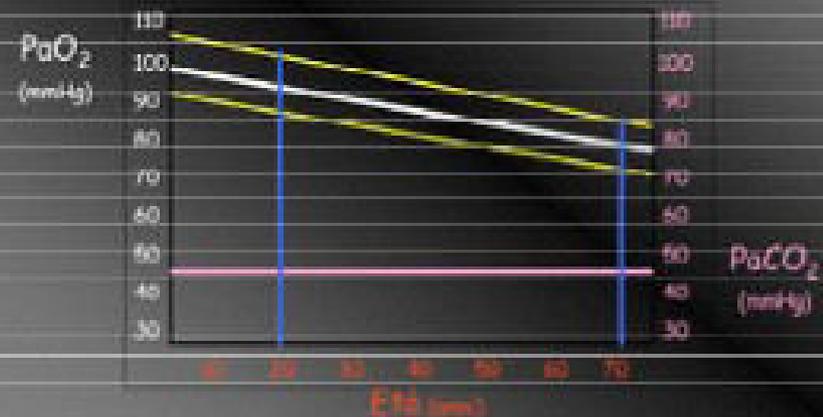
PaO₂ : *pressione parziale arteriosa di ossigeno disciolto nel sangue*

Il paziente è ipossico?

All'età di 20 anni il valore normale di PaO₂ in aria ambiente è di 95-100 mmHg

Tips & tricks	
Anni	PaO ₂
60	80
70	70
80	60

Modificazioni dell'O₂ e della CO₂ in funzione dell'età





PaO₂ : *pressione parziale arteriosa di ossigeno disciolto nel sangue*

Il paziente è ipossico?

La Disponibilità di O₂ (DO₂) è legata ad altri fattori:

-Emoglobina: il valore raccomandato per una DO₂ ottimale è **7-10g/dl**

- Cardiac Output (CO): la quantità di sangue circolante in un minuto



PaO ₂ (mmHg)	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	82,5	90	97,5	104	112,5	120	>127,5
SaO ₂ (%)	57,4	71,4	80,7	86,8	90,7	93,2	94,9	96,2	97	97,8	98,2	98,6	98,8	>99

Relazione approssimativa tra Saturazione del sangue arterioso (SaO₂) e Pressione parziale di ossigeno (PaO₂)





paCO₂: *pressione parziale di anidride carbonica*



Alcalosi respiratoria

o

**Risposta a acidosi
metabolica**



Acidosi respiratoria

o

**Risposta a alcalosi
metabolica**

*nei disturbi respiratori primari PaCO₂ e pH si modificano
in direzioni opposte*





Bicarbonati

HCO_3^- : la concentrazione degli ioni bicarbonato viene calcolata in base a PaCO_2 e pH



Acidosi metabolica

○

Risposta a alcalosi
respiratoria

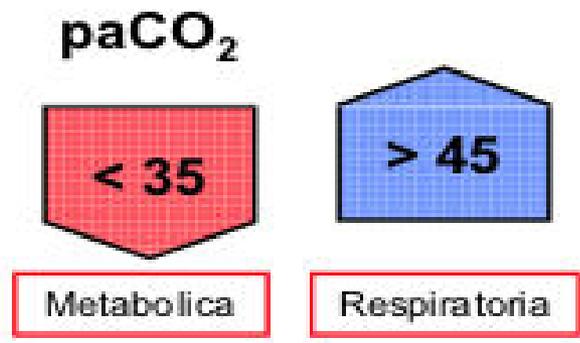
Alcalosi metabolica

○

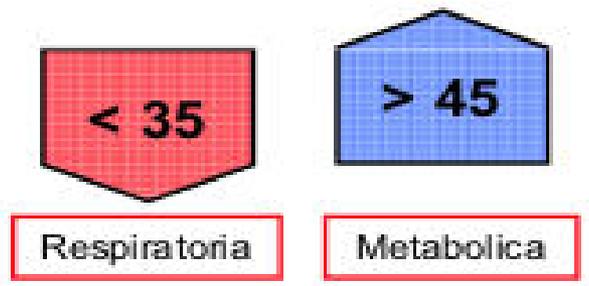
Risposta a acidosi
respiratoria

nei disturbi metabolici primari HCO_3^- e pH si modificano nella stessa direzione



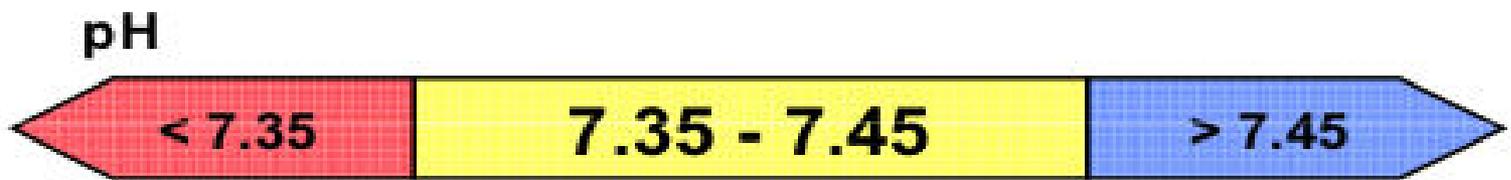


nei disturbi respiratori primari
PaCO₂ e pH si modificano in
direzioni opposte

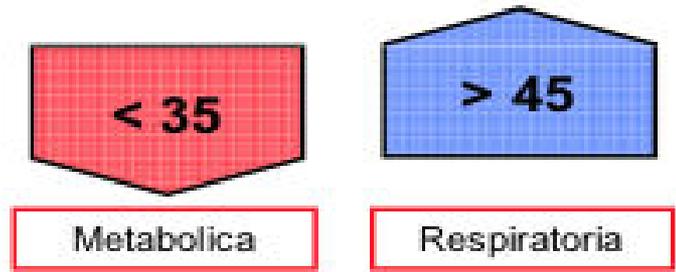


nei disturbi metabolici primari
HCO₃ e pH si modificano nella
stessa direzione





paCO₂



Acidosi e alcalosi compensate

COMPENSO

Compenso atteso

Nella acidosi respiratoria **acuta**
1 mEq/l di bicarbonato in più
per ogni aumento di 10 mmHg di PCO_2

Esempio:

$$\text{PCO}_2 = 70 \quad (40 + 10 + 10 + 10)$$

$$\text{HCO}_3^- = 27 \quad (24 + 1 + 1 + 1)$$

Fig. 14 *Compenso in fase acuta.*

Compenso atteso

Nella acidosi respiratoria **cronica**:
3,5 mEq/l di bicarbonato in più
per ogni aumento di 10 mmHg di PCO_2

Esempio:

$$\text{PCO}_2 = 70 \quad (40 + 10 + 10 + 10)$$

$$\text{HCO}_3^- = 34,5 \quad (24 + 3,5 + 3,5 + 3,5)$$

Fig. 15 *Compenso in fase cronica.*



Acidosi respiratoria

Cause principali

- ipoventilazione
- Lesione encefalica (centro del respiro nel midollo allungato)
- depressione dei centri respiratori
 - sovradosaggio o intossicazione da oppiacei o benzodiazepine)
 - abuso alcolico
- danno polmonare o ostruzione delle vie aeree (per esempio, polmonite, enfisema, pneumotorace)

Sintomi

- ridotta frequenza e profondità di respiro
 - ridotta attività del sistema nervoso centrale (letargia, riduzione della capacità di giudizio, disorientamento)
 - mal di testa, visione offuscata
 - aritmie, crisi convulsive se presente iperkaliemia
- 



Acidosi metabolica

Cause principali

- Anormale perdita di bicarbonato:
 - diarrea severa o vomito prolungato
 - chetoacidosi diabetica, aumentato metabolismo, digiuno prolungato
- Acidosi lattica secondaria ad anossia
- Ingestione eccessive di sostanze che aumentano gli acidi metabolici:
 - acido salicilico
 - glicole etilene
 - alcool metilico
- Inadeguata funzione renale

Sintomi

- Deterioramento del livello di coscienza dal sopore fino al coma
 - iperventilazione (tentativo di compenso respiratorio)
 - Debolezza
 - aritmie (se presente iperkaliemia)
- 



Alcalosi respiratoria

Cause principali

• *Aumento della frequenza e/o della profondità del respiro con conseguente eccesso dell'eliminazione di CO₂ a seguito di:*

- dolore
- esercizio fisico severo
- isteria e reazioni ansiogene
- ipossia, anossia
- iperventilazione volontaria

• *Danno al centro del respiro nel midollo allungato:*

- malattie del sistema nervoso centrale (encefaliti, meningiti)
- chirurgia intracranica

• *Sovrastimolazione del centro del respiro:*

- febbre
- overdose da farmaci

Sintomi

- respirazione rapida, profonda
 - alterazione della coscienza, incapacità alla concentrazione, tetania, convulsioni
 - aritmie cardiache se presente ipokaliemia
 - intorpidimento e formicolio delle estremità se presente ipocalcemia
- 



Alcalosi metabolica

Cause principali

- Perdita di acido cloridrico dallo stomaco:
 - vomito
 - aspirazione gastrointestinale
- Riassorbimento di bicarbonato:
 - uso di diuretici
 - vomito eccessivo
 - Ritenzione di sodio
- Eccessiva ingestione di alcali:
 - bicarbonato di sodio
 - latte di magnesia
- Somministrazione endovenosa di sodio bicarbonato durante ALS

Sintomi

- respiro lento, superficiale (compenso polmonare)
 - vertigini, formicolio delle estremità, tetania, convulsioni, ipertonicità muscolare
 - irritabilità, disorientamento
 - aritmie cardiache se presente ipokaliemia
- 



BE (eccesso basi)

Da -2 a +2 mmol/l

ABE

(actual base excess)

rappresentano la quantità di acido o base forte necessaria per riportare il pH a 7,4

SBE

(standard base excess)

Simile all' ABE ma il riferimento è il liquido extracellulare

ABE e SBE diminuiscono nell'acidosi metabolica e aumentano nell'alcalosi metabolica





Elettroliti

Sodio

135 – 147 mEq/l mEq/l

Potassio

3,5 – 5.0 mEq/l

Calcio totale

8,5 – 10,5 mg/dl

Cloro

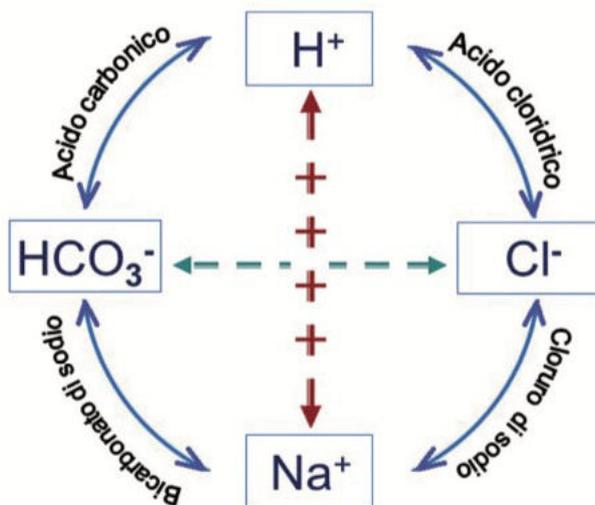
95 - 105 mEq/l

Lattati

< 4 mEq/l (durante esercizio)



Il ballo della quadriglia



Sga-Pro

Fig. 18 Le ineludibili interconnessioni ioniche ed acido-basiche. Il "ballo della quadriglia".

Con una Cloremia alta i bicarbonati saranno bassi e viceversa

In tal modo dalla Cloremia alta si può intuire che, nell'ambito dell'equilibrio acido base, esiste la presenza di un'acidosi metabolica (bicarbonati bassi) e dalla Cloremia bassa si può evincere che esiste un'alcalosi metabolica (Bicarbonati alti).

Lattati

La lattatemia (vale anche per “lattacidemia”) dipende dal rapporto fra la produzione di lattato e la sua clearance. Esso è un derivato del metabolismo del glucosio e la sua trasformazione prevede un normale metabolismo ossidativo.

Il prodotto intermedio del metabolismo del glucosio all’interno delle cellule è il **Piruvato**, il quale può avere due vie metaboliche differenti; in caso di condizioni normali aerobiche, la via principale è quella che prevede la trasformazione del Piruvato in **Acetil-Coenzima A** che a sua volta entra nel ciclo di Krebs.

Queste tappe metaboliche, all’interno dei mitocondri, dipendono dalla presenza dell’ossigeno, ma, in caso di condizioni anaerobiche, avviene una deviazione della via metabolica verso la produzione del **Lattato** mediante l’enzima LDH.

In caso di grave riduzione della perfusione tissutale (e di altre condizioni predisponenti alla anaerobiosi), quindi, è il piruvato a trasformarsi preferenzialmente in lattato. Negli ultimi anni, però, si va facendo sempre più strada l’**ipotesi che il Lattato sia espressione anche del grado di attivazione della risposta dell’organismo allo stress**. Secondo questa nuova concezione esso rappresenterebbe un “attore positivo” per la sopravvivenza e non l’elemento “malefico” quale siamo abituati a considerarlo.

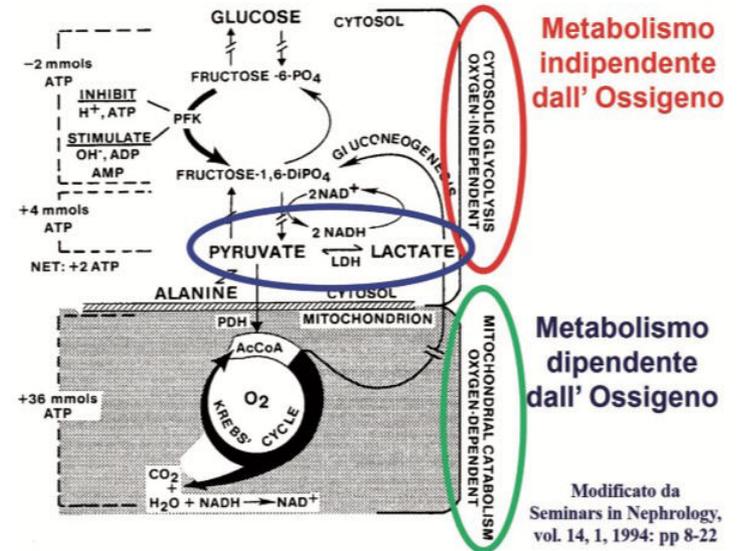


Fig. 25 Strade metaboliche per la produzione del Lattato.

Anche il Lattato, quindi, potrebbe avere una doppia personalità, tale da comportarsi in maniera differente a seconda delle condizioni cliniche.



Lattati

La osservazione del valore del lattato è da non sottovalutare mai.

Il suo valore normale è ritenuto essere 1 mEq / Litro (range 0,5-1,5 mEq/ L).

Si definisce Acidosi lattica quando il valore del Lattato è superiore a 5 mEq/ L con un pH inferiore a 7,34. Alcuni parlano di Acidosi lattica anche con valori più bassi dei Lattati > 4-5 mEq/L ed un pH inferiore a 7.35.

In ogni caso:

- 0 – 2 mEq / L viene ritenuto un **livello basso**
 - 2,1 – 3,9 mEq / L **livello intermedio**
 - superiore a 4,0 mEq/ L già viene ritenuto **un livello severo** e, di converso, **aumenta la mortalità** in maniera significativa.
- 



Lattati

Un altro elemento che ha acquisito una discreta importanza, nel suo valore prognostico, è la capacità dell'organismo di liberarsi dei Lattati prodotti in eccesso.

Se la clearance dei Lattati è uguale o superiore al 10% dopo 6 ore, la probabilità di sopravvivenza è molto più alta rispetto a quelli che hanno una clearance inferiore al 10%.

Lattati è significativamente associata ad un netto miglioramento del risultato clinico e il valore prognostico aumenta in quei pazienti con shock settico in cui si ha persistenza dei valori elevati dei Lattati.

Bundle Sepsi

**Entro 3
ore**

1	Misurare il livello di lattato	
2	Emocolture da raccogliere prima della terapia antibiotica empirica (la raccolta delle emocolture non deve determinare un ritardo >45 min. dell'inizio della terapia antibiotica)	
3	Somministrazione della terapia antibiotica empirica entro 60' minuti dall'identificazione precoce	
4	Infusione rapida di cristalloidi con di 30 ml/kg in pazienti con ipotensione o lattati >4mMol/L	





CASI CLINICI

Caso clinico 1

Paziente maschio 70 Kg sviluppa ostruzione delle vie aeree acuta durante anestesia.

EGA:

pH = 7.32;

PaCO₂ = 70 mmHg;

HCO₃⁻ = 27 mmol/l;





CASI CLINICI



Soluzione caso clinico 1:

Acidosi respiratoria con buon compenso metabolico.





CASI CLINICI

Caso clinico 2

Donna in PS per iperpiressia, disuria, disidratazione, ipotensione, vomito, vescica neurologica.

EGA:

pH = 7,55

PaCO₂ = 23

HCO₃ = 20

PaO₂ = 98

NA⁺ = 140

K⁺ = 3.0

CL = 98

Lattati = 4,1





CASI CLINICI



Soluzione caso clinico 2:

Alcalosi respiratoria in corso di Sepsi





CASI CLINICI

Caso clinico 3

Uomo di 58AA, in stato stuporoso dopo aver ingerito accidentalmente liquido antigelo per il motore, dispnoico, PA 110/70 mmHg, FC 110 b/m.

EGA:

pH=6,95

PaCO₂=12

HCO₃=3

NA⁺=140

K⁺=5

CL=103





CASI CLINICI



Soluzione caso clinico 3:

Acidosi Metabolica





CASI CLINICI

Caso clinico 4

Uomo di 78 AA in stato confusionale e grave disidratazione, scompenso cardiaco cronico, PA 90/70 mmHg, GCS 13.

EGA:

pH=7,52

PaCO₂=48

HCO₃=38

PO₂=75

NA⁺=140

K⁺=2,2





CASI CLINICI

Soluzione caso clinico 4:

Alcalosi metabolica per uso eccessivo di diuretici.





CASI CLINICI

Caso clinico 5

Donna di 68 anni arriva in Pronto Soccorso perché affetta da circa tre giorni da diarrea, con molte scariche al giorno. La paziente ha seguito, recentemente, terapia antibiotica per polmonite destra ormai risolta.

EGA:

pH = 7.29

PaCO² = 28mmHg

HCO³ = 14 mEq/L

Na = 141 mEq/L

K = 3.0 mEq/L

Cl = 115mEq/L





CASI CLINICI

Soluzione caso clinico 5:

Acidosi metabolica semplice con ipercloremia.





CASI CLINICI

Caso clinico 6

Un signore di 73 aa., affetto da broncopneumopatia cronica ostruttiva e insufficienza cardiaca a prevalenza destra arriva in pronto soccorso per dispnea ed edemi agli arti inferiori. Terapia a domicilio: teofillina, steroidi per via inalatoria e diuretici.

EGA:

pH = 7,40;

PaCO₂ = 67 mmHg

HCO³⁻ = 40 mEq/l

PaO₂ = 48 mmHg

Na = 140

K = 3.5;

Cl = 90 mEq/l.





CASI CLINICI

Soluzione caso clinico 6:

Acidosi respiratoria e concomitante alcalosi metabolica.





CASI CLINICI

Caso clinico 7

Un signore di 81 aa., con precedenti di cardiopatia ischemica, arriva in Pronto Soccorso, per edema polmonare acuto. All'esame clinico chiari segni di fatica respiratoria. PA 180/110 mmHg; Fc 110 b/m; Fr 38 a/m.

EGA:

PH = 7.15

PaCO² = 50 mmHg

HCO³⁻ = 17mEq/L

PaO₂ = 28 mmHg

Elettroliti:

Na 140 mEq/L; K 5.0 mEq/L; Cl 103 mEq/L.





CASI CLINICI



Soluzione caso clinico 7:

Acidosi respiratoria con acidosi metabolica.





...all'Ospedale del Cuore...



CASI CLINICI COMPLESSI



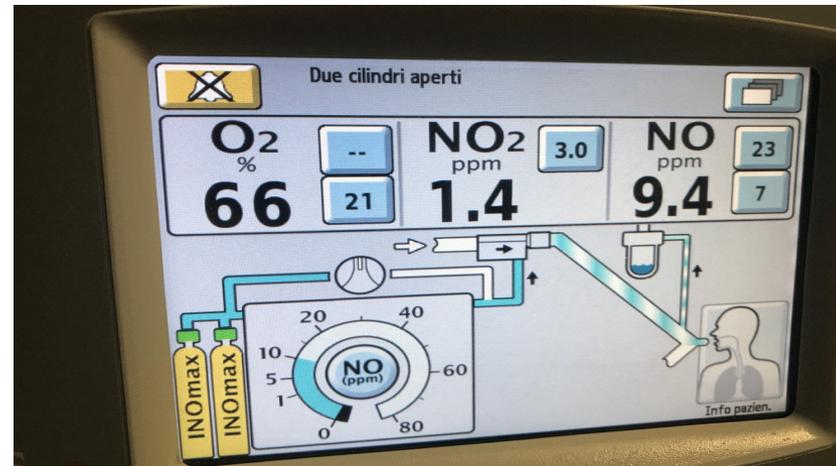
CASO CLINICO COMPLESSO

Data		23:15 VEN:ISTO					23:45 VEN:ISTO					5:50 VEN:ISTO												
23	24	23:15	23:45	1	2	3	4	5	6:15	7	23	24	23:15	23:45	1	2	3	4	5	6:15	7			
A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	
7,17	7,09	7,05	7,06	7,08	7,08	7,07	7,05	7,09	7,09	7,09	7,17	7,09	7,05	7,06	7,08	7,08	7,07	7,05	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09
56,6	68,3	66,9	50,5	48,2	44,3	49,1	59,8	48,9	48,9	48,9	56,6	68,3	66,9	50,5	48,2	44,3	49,1	59,8	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	
83,8	55,7	50,8	98,3	120	118	107	4,8	102	102	102	83,8	55,7	50,8	98,3	120	118	107	4,8	102	102	102	102	102	
20,2	19,8	17,9	13,8	13,9	12,6	13,7	15,8	14,4	14,4	14,4	20,2	19,8	17,9	13,8	13,9	12,6	13,7	15,8	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	
-6,8	-8,6	-10,9	-14,5	-14,2	-15,5	-14,6	-12,9	-13,6	-13,6	-13,6	-6,8	-8,6	-10,9	-14,5	-14,2	-15,5	-14,6	-12,9	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	
91,9%	70,8%	62,3%	92,5%	95,3%	96,4%	93,6%	61,2%	94%	94%	94%	91,9%	70,8%	62,3%	92,5%	95,3%	96,4%	93,6%	61,2%	94%	94%	94%	94%	94%	
91%	93%	97%	96%	100%	99%	97%	97%	97%	97%	97%	91%	93%	97%	96%	100%	99%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	
B,0	B,2	B,2	B,4	B,5	B,4	3,4	3,5	3,4	3,4	3,4	B,0	B,2	B,2	B,4	B,5	B,4	3,4	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	
278	284	285	290	289	278	272	254	236	236	236	278	284	285	290	289	278	272	254	236	236	236	236	236	
140	141	142	144	145	144	144	144	142	142	142	140	141	142	144	145	144	144	144	144	144	144	144	144	
31,4%	32%	34,3%	34,2%	33%	31,3%	33,3%	34,1%	33,8%	33,8%	33,8%	31,4%	32%	34,3%	34,2%	33%	31,3%	33,3%	34,1%	33,8%	33,8%	33,8%	33,8%	33,8%	
10,2	12	11,1	11,1	10,7	10,1	10,8	11	11	11	11	10,2	12	11,1	11,1	10,7	10,1	10,8	11	11	11	11	11	11	
10,1	10,4	13,9	15	16	15	14,9	13,8	13,2	13,2	13,2	10,1	10,4	13,9	15	16	15	14,9	13,8	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	
10,3				17							10,3				17									

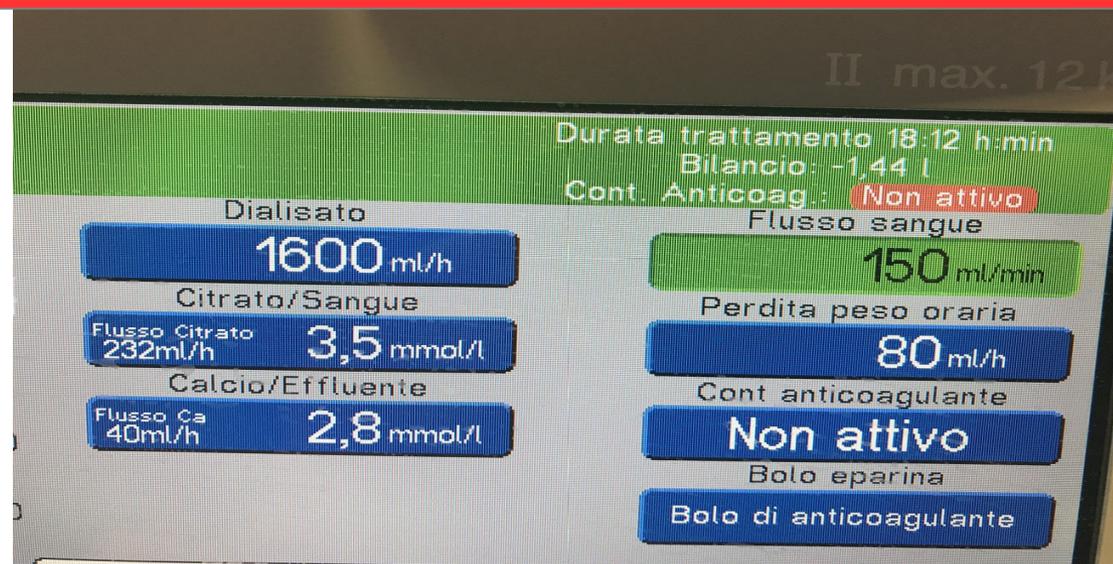
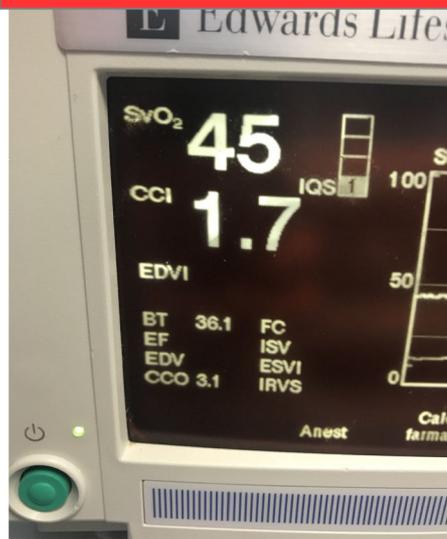




CASO CLINICO COMPLESSO

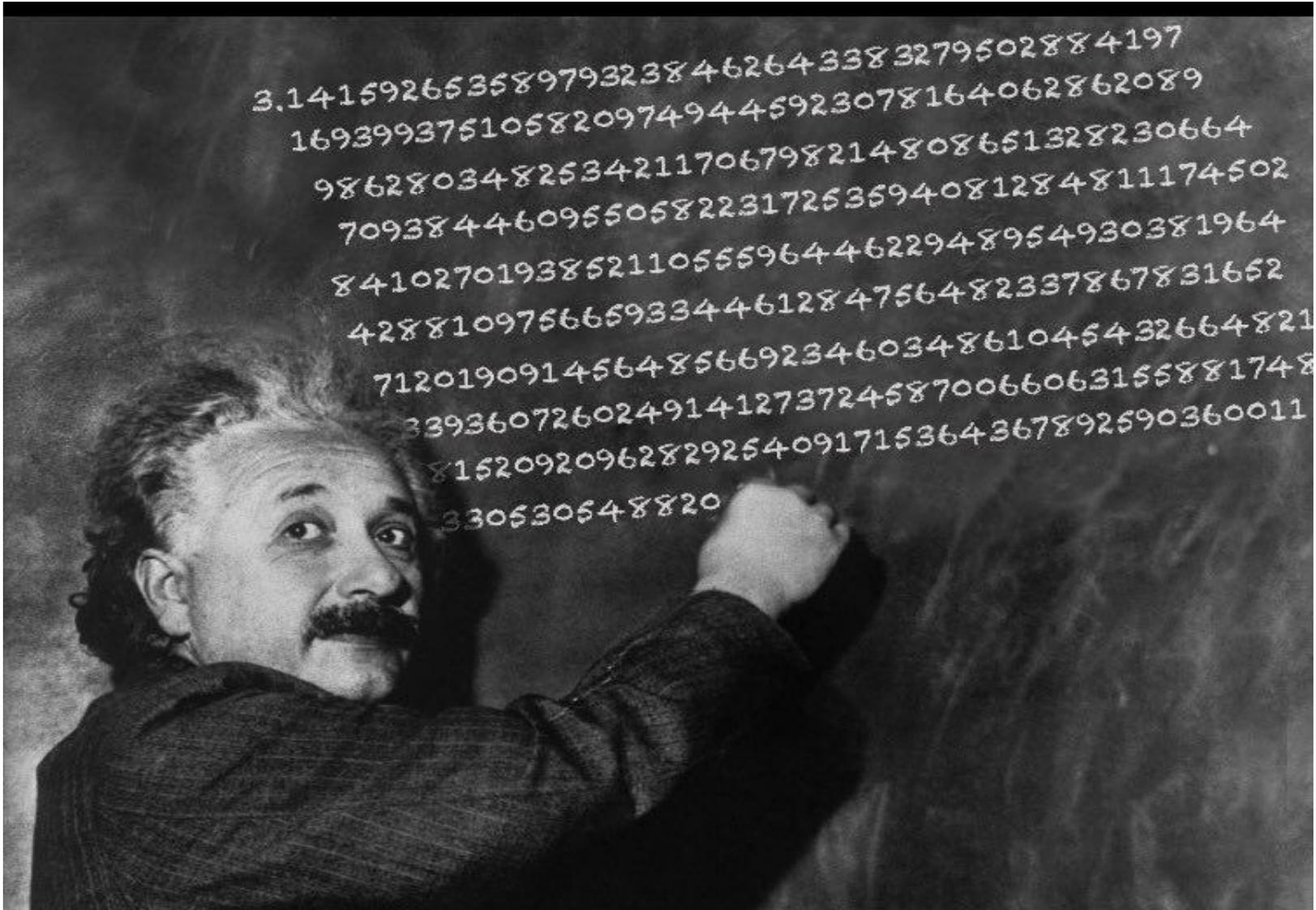


SUPPORTO EMODINAMICO FARMACOLOGICO E MECCANICO





Valutare lo stato di ossigenazione (Rapporto P/F e DA-aO₂)



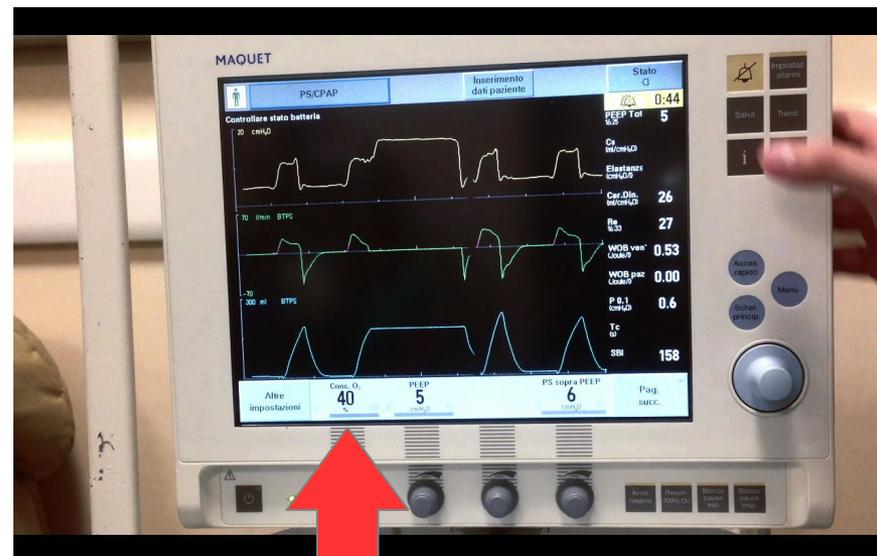
FiO₂ (Frazione inspirata di Ossigeno)

La maschera facciale semplice consente di erogare

FLUSSO	FiO ₂
5-6 L/min.	40 %
6-7 L/min.	50 %
7-8 L/min.	60 %
8-9 L/min.	70 %
9-10 L/min.	80 %



$$FiO_2 = 20\% + (O_2 \text{ L/min} \times 4)$$



**DICHIARARE SEMPRE L'ETA',
LA FiO₂ e LA TEMPERATURA
DURANTE LA FASE DI ANALISI**

Rapporto P/F: *il rapporto tra PaO₂ e FiO₂ è indice della respirazione alveolare*

$$\frac{\text{PaO}_2}{\text{FiO}_2} = \text{P/F}$$

Il rapporto P/F in un paziente sano è indicativamente 450
95 : 0,21 = 452

Un P/F superiore a 350 è da considerarsi normale

Un P/F inferiore a 200 è indice di grave insufficienza respiratoria



Un valore del rapporto inferiore a 300 già è indice di insufficienza respiratoria significativa, mentre un valore inferiore a 200 è indice di forte gravità ed è considerato uno dei criteri maggiori per il ricovero in terapia intensiva e/o per la ventilazione meccanica.

C'è un gradiente alveolo-arterioso significativo?

Esempio 1:

Paziente che ventila con maschera Venturi al 50%, PaO_2 120mmHg

Esempio 2:

Paziente intubato e ventilato meccanicamente con FiO_2 90%
 PaO_2 320

Esempio 2:

Paziente ventilato con NIV con FiO_2 70%
 PaO_2 110


$$120 / 0,5 = P/F 240$$

$$320 / 0,9 = P/F 355$$

$$110 / 0,7 = P/F 157$$

Differenza Alveolo-arteriosa di Ossigeno (DA-aO₂)

La pressione normale dell'O₂ a livello dei gas alveolari è 100 mmHg mentre a livello arterioso è 85-90, per cui la normale differenza Alveolo-arteriosa è 10-15.

Differenza alveolo-arteriosa di ossigeno A-aDO₂

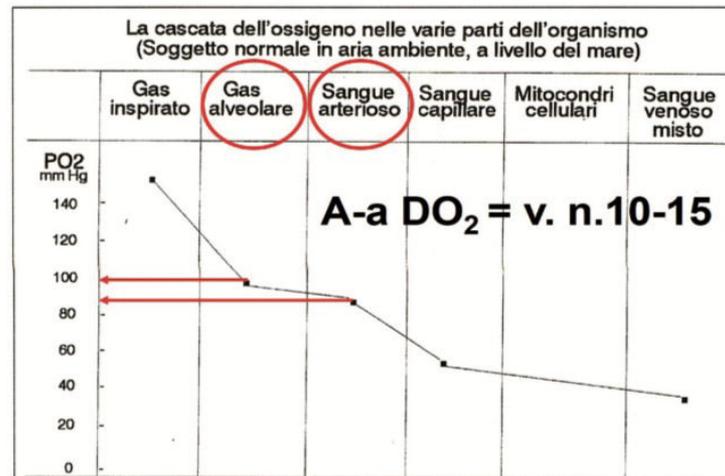


Fig. 8 Pressioni diverse dell'Ossigeno nelle diverse sedi anatomiche.

A-a DO₂ = Età del paziente diviso 4 + 4.

La formula della PAO₂ è ottenuta dall'equazione dei gas alveolari
(760 - 47) x FiO₂ - PaCO₂ / 0.8

Reportare
all'Età
e alla FiO₂

PAO₂ =



Differenza Alveolo-arteriosa di Ossigeno (DA-aO₂)

IN CORSO DI IPOSSIEMIA: PARAMETRO IMPORTANTE

per distinguere fra

Patologie del parenchima polmonare

(PARENCHYMAIL FAILURE)

e

Patologie da insufficienza della pompa ventilatoria

e del mantice polmonare

(PUMP FAILURE)



Differenza Alveolo-arteriosa di Ossigeno (DA-aO₂)

Differenza alveolo-arteriosa di ossigeno A-aDO₂

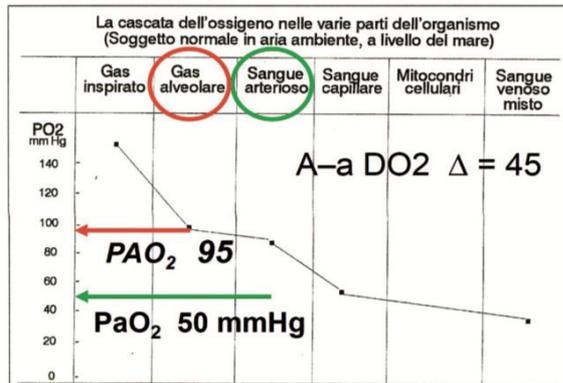


Fig. 9 Differenza Alveolo-arteriosa di 45 mmHg.

Ipossiemia con una PaO₂ di 50 mmHg, **se la differenza A-a è alta**, per esempio 45, possiamo subito calcolare che la pressione a livello alveolare è 95 mmHg (50 + 45), cioè è normale. Se la pressione dell'O₂ a livello alveolare è normale, ma nel sangue è presente una ipossiemia, vuol dire che non ci sono problemi a carico dei meccanismi della ventilazione, mentre la patologia riguarda il parenchima polmonare (parenchymal failure).

cardiogenico o non cardiogenico, fibrosi polmonare etc..

Differenza alveolo-arteriosa di ossigeno A-aDO₂

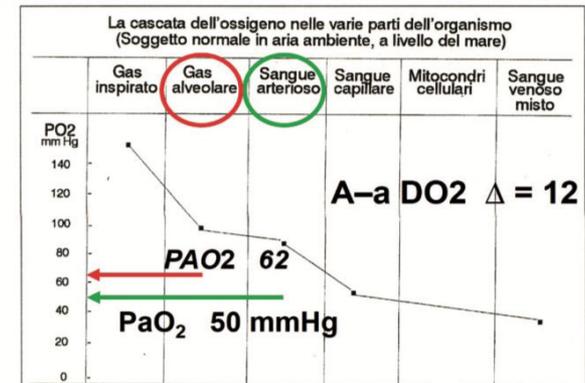
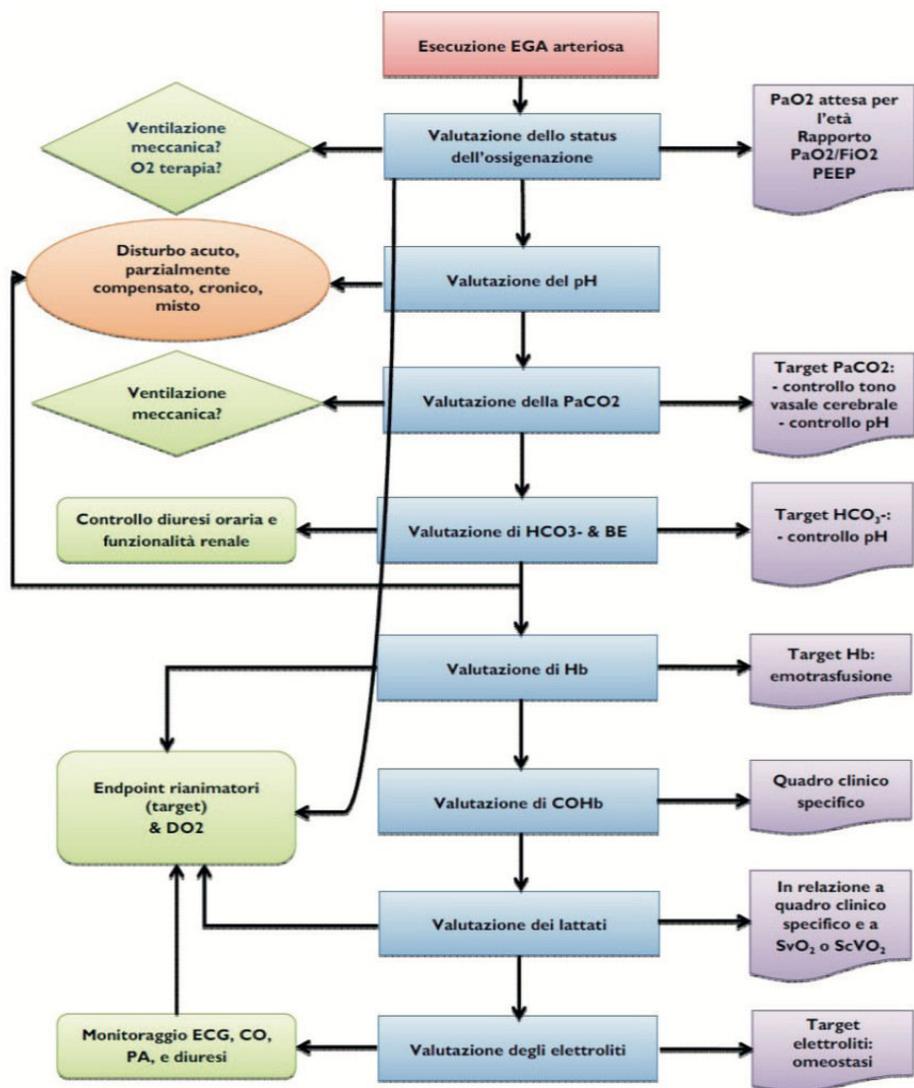


Fig. 10 Differenza Alveolo-arteriosa di 12 mmHg.

Se, al contrario, rileviamo la stessa ipossiemia (PaO₂ = 50 mmHg) ma con una **differenza A-a di 12**, possiamo dedurre che la pressione a livello alveolare è 62 mmHg (50 + 12), cioè bassa. Allora, in questo caso, la patologia riguarda la pompa ventilatoria (pump-failure), ed il problema è a livello della fase ventilatoria.

Deficit o depressione del SNC (accidenti vascolari, farmaci sedativi, oppiacei, etc.) Deficit della gabbia toracica e del mantice polmonare (malattie neuromuscolari, etc.), Patologia ostruttiva polmonare in fase avanzata.



Legenda: BE – Base Excess; COHb – carbossiemoglobina; DO₂ – Delivery Oxygen; ECG – Elettrocardiografia; EGA – Emogasanalisi arteriosa; FiO₂ – Frazione inspiratoria dell'ossigeno; Hb – emoglobina HCO₃⁻ bicarbonati; PaO₂ – pressione parziale dell'ossigeno arterioso; PaCO₂ – pressione parziale arteriosa di anidride carbonica; PEEP – Pressione Positiva di Fine Espirazione; ScVO₂ – saturazione venosa centrale di ossigeno; SVO₂ – saturazione venosa

Figura 2 - Gestione dei parametri emogasanalitici in terapia intensiva



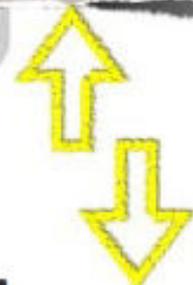
Emogasanalisi venoso e venoso misto

polmone
venosa

Valori ossimetrici	
ctHb	10,7 g/dL
sO ₂	79,5 %
FO ₂ Hb	78,0 %
FCOHb	0,7 %
FHHb	20,1 %
FMetHb	1,2 %

arteriosa

Valori ossimetrici	
ctHb	10,7 g/dL
sO ₂	98,3 %
FO ₂ Hb	96,6 %
FCOHb	0,6 %
FHHb	1,7 %
FMetHb	1,1 %

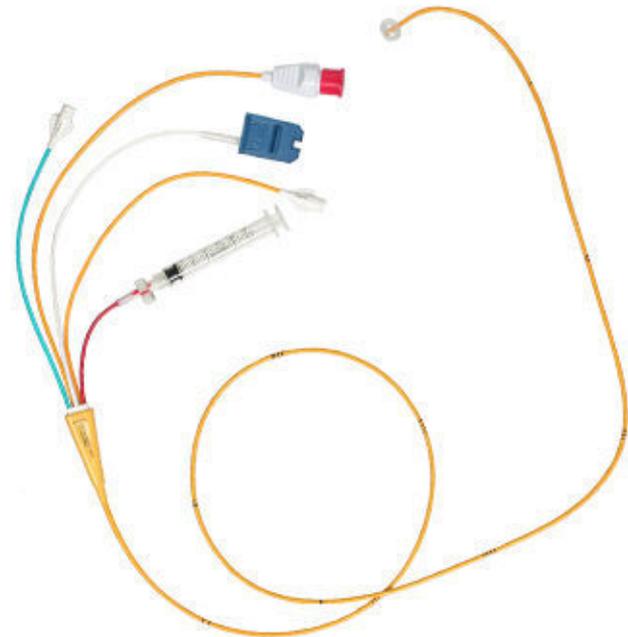


oxyHb
 Hb ridotta
 = carboxyHb, metHb =

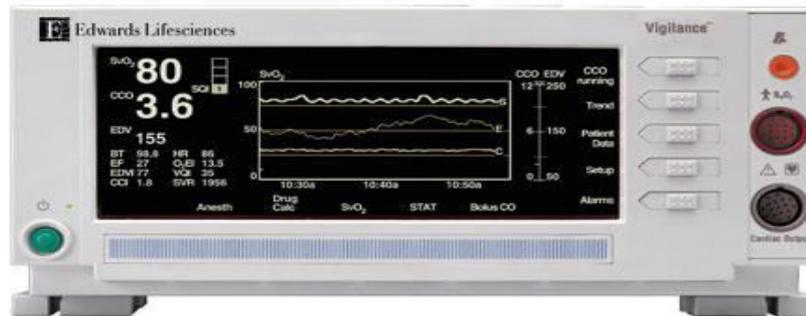
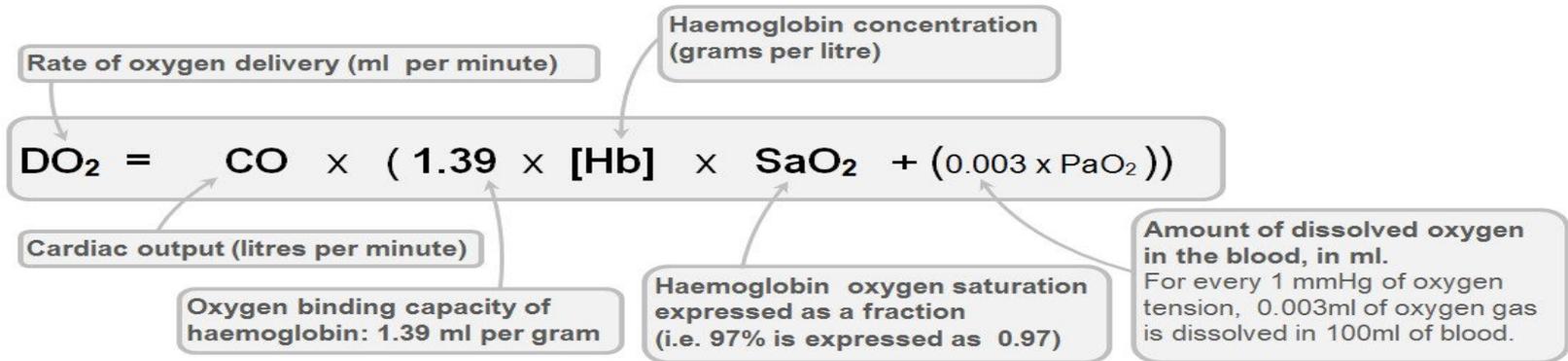


Premessa

La cateterizzazione dell'arteria polmonare permette di ottenere la vera saturazione del **sangue venoso misto (SvO_2)** mentre la misurazione della saturazione di ossigeno nel **sangue venoso centrale ($ScvO_2$)** attraverso catetere venoso centrale riflette principalmente il grado di estrazione di ossigeno dal cervello e dalle parti superiori del corpo.



SvO2 e Oxygen Delivery



SvO₂ e Oxygen Delivery

Il trasporto di O₂ (DO₂) descrive l'apporto di ossigeno nell'intero organismo in accordo con la seguente formula:

$$DO_2 = CO \times CaO_2 \quad (1)$$

dove CO è la gittata cardiaca e CaO₂ è il contenuto arterioso di ossigeno che è la somma dell'ossigeno legato all'emoglobina [prodotto della concentrazione di emoglobina (Hb) e della saturazione arteriosa di O₂ (SaO₂)] e dell'ossigeno fisicamente disciolto [PO₂ arteriosa (PaO₂)]:

$$CaO_2 = (Hb \times 1.36 \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0.0031) \quad (2)$$

La richiesta di ossigeno può essere considerata come il consumo di ossigeno dell'intero organismo (VO₂) che è espresso matematicamente dal principio di Fick come il prodotto della CO e la differenza artero-venosa di O₂ (CaO₂ - CvO₂):

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2) \quad (3)$$

dove il contenuto di O₂ venoso (CvO₂) è:

$$CvO_2 = (Hb \times 1.36 \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0.0031) \quad (4)$$

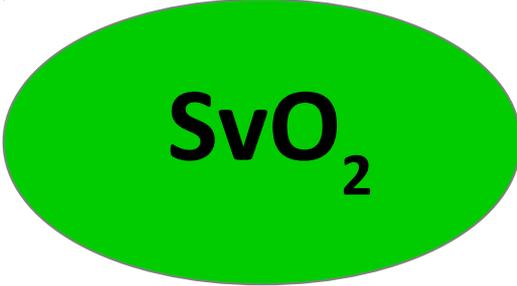
l'equazione 3 può essere espressa come:

$$CvO_2 = CaO_2 - VO_2/CO \quad (5)$$

La quota di ossigeno fisicamente disciolto può essere trascurata e quindi l'equazione 5 può essere scritta come:

$$Hb \times 1.36 \times SvO_2 \approx (Hb \times 1.36 \times SaO_2) - VO_2/CO$$

$$\Leftrightarrow SvO_2 \sim VO_2/CO \quad (6)$$



SvO₂

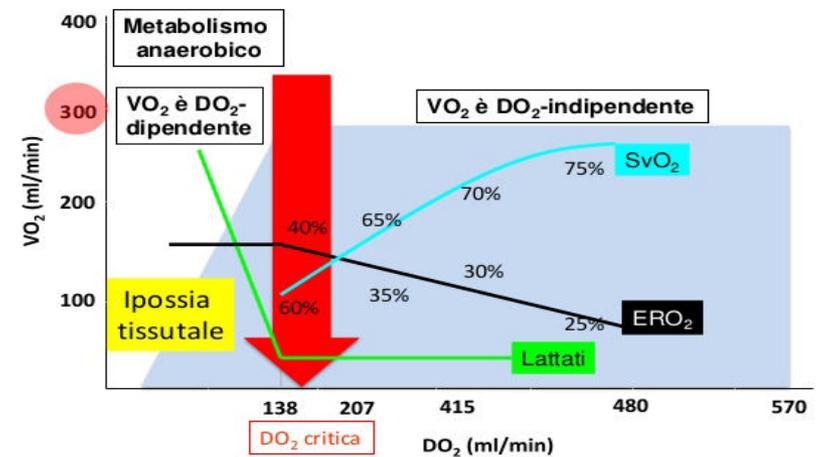
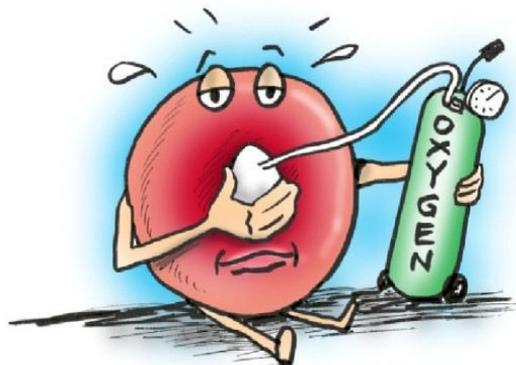
SvO₂ e Oxygen Delivery

Abitualmente il VO₂ è indipendente dal DO₂ fino a quando i tessuti possono soddisfare le necessità metaboliche aumentando l'estrazione di O₂ quando il DO₂ diminuisce. Questo meccanismo ha dei limiti. Al di sotto di quello che viene chiamato DO₂ critico, l'incremento compensatorio dell'estrazione di O₂ si esaurisce, e il VO₂ diventa dipendente dal DO₂.

IPOSSIA TISSUTALE



AUMENTO DEI LATTATI



INNOVATIONS IN
EMERGENCY SURGERY AND TRAUMA

SvO₂ e Oxygen Delivery

La SvO₂ è direttamente proporzionale al rapporto tra VO₂ e CO. Quindi la SvO₂ riflette la relazione tra il consumo di O₂ dell'intero organismo e la gittata cardiaca.

E' stato dimostrato che la SvO₂ si correla bene con il rapporto tra apporto e consumo di ossigeno.

Tabella 1 Limiti della saturazione di ossigeno venosa mista

SvO ₂ >75%	Estrazione normale Apporto di O ₂ > Richiesta di O ₂
75% >SvO ₂ >50%	Estrazione compensatoria Aumento della richiesta di O ₂ o riduzione dell'apporto di O ₂
50% >SvO ₂ >30%	Esaurimento dell'estrazione Inizio dell'acidosi lattica Apporto di O ₂ < richiesta di O ₂
30% >SvO ₂ >25%	Acidosi lattica severa
SvO ₂ <25%	Morte cellulare

Tabella 2 Condizioni cliniche ed il loro effetto sull'apporto ed il consumo di O₂ e sull'ossimetria venosa

Riduzione di ScvO₂/SvO₂

Consumo di O₂ ↑

Stress
Dolore
Ipertermia
Tremore

Apporto di O₂ ↓

CaO₂ ↓ (anemia, ipossia)
Gittata cardiaca ↓

Aumento di ScvO₂/SvO₂

Apporto di O₂ ↑

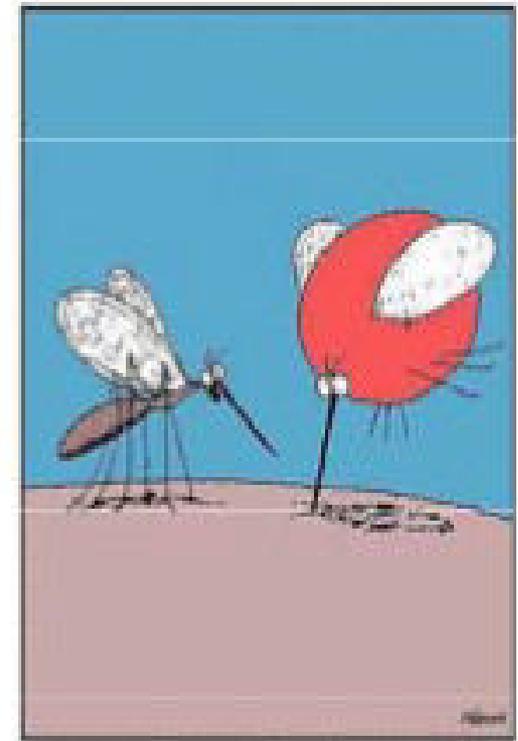
CaO₂ ↑
Gittata cardiaca ↑

Consumo di O₂ ↓

Analgesia
Sedazione
Ventilazione meccanica
Ipotermia

Valori normali dell'EGA venosa

pH	7.32-7.36
PvO₂	40 mmHg
PvCO₂	45 mmHg
HCO₃	24-30mEq/l
SvO₂	60-80%



"Full out, baby! Full out! ... You're full as a fly!"



Ega arterioso e venoso: Differenza tra PaCo₂

L'esecuzione contemporanea di EGA arteriosa ed EGA da CVC consente di calcolare la differenza di PCO₂ tra sangue venoso centrale e sangue arterioso (Pv-aCO₂, valore normale <5mmHg) che rappresenta un **indicatore fedele e tempestivo della respirazione mitocondriale.**

Tabella 1 Referti delle emogasanalisi eseguite dall'arteria omerale e dal CVC

	ARTERIOSA	VENOSA CENTRALE
pH	7.42	7.41
PO ₂ mmHg	52	27
SO ₂ %	83	51
Differenza alveolo-arteriosa di O ₂ mmHg	56	
PCO ₂ mmHg	33	42
HCO ₃ mmHg	20.5	26.4





Ega arterioso e venoso: Differenza tra PaCo2

Tabella 1 Referti delle emogasanalisi eseguite dall'arteria omerale e dal CVC

	ARTERIOSA	VENOSA CENTRALE
pH	7.42	7.41
PO ₂ mmHg	52	27
SO ₂ %	83	51
Differenza alveolo-arteriosa di O ₂ mmHg	56	
PCO ₂ mmHg	33	42
HCO ₃ mmHg	20.5	26.4





Ega arterioso e venoso: Differenza tra PaCo₂

Il calcolo della **Pv-aCO₂ (9 mmHg)** rivela tutt'altra situazione.

In aggiunta all'**inefficienza dello scambio polmonare** è presente infatti un **inadeguato apporto di ossigeno ai tessuti** che ricorrono al metabolismo anaerobico per soddisfare le esigenze energetiche non supportate da una adeguata gittata cardiaca.





FINE

“ L’uomo è immerso in un ‘milieu interieur’, che funge da sistema unificante di tutto l’organismo, ed il cui equilibrio deve essere sempre salvaguardato ”

Luca Fialdini

Infermiere in Terapia Intensiva Adulti
Ospedale del Cuore
Fondazione Toscana Gabriele Monasterio
fialdiniluca@gmail.com

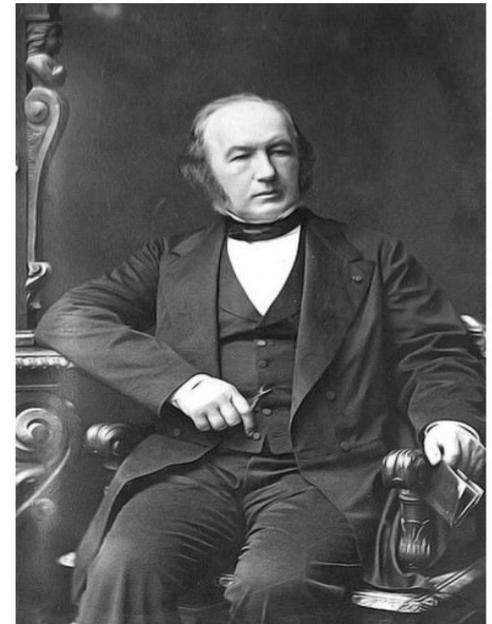


Fig. 1a Claude Bernard (1813-1878),
il Padre della Fisiologia.

